



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND

MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 197 47 262 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
**F 16 H 63/44**  
F 16 H 59/46  
F 16 H 59/70  
F 16 H 59/08

⑯ Aktenzeichen: 197 47 262.1  
⑯ Anmeldetag: 25. 10. 97  
⑯ Offenlegungstag: 6. 5. 99

⑯ Anmelder:  
Deere & Company, Moline, Ill., US  
⑯ Vertreter:  
derzeit kein Vertreter bestellt

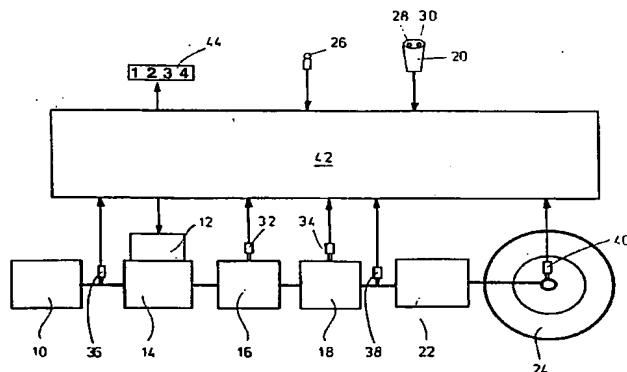
⑯ Erfinder:  
Kempf, Tilo, 68199 Mannheim, DE; Hollstein, Jürgen, 68259 Mannheim, DE  
⑯ Entgegenhaltungen:  
GB 23 04 835 A  
US 54 35 212  
EP 07 09 598 A2  
EP 06 44 360 A1  
EP 04 06 712 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Getriebesteuerung und Steuerverfahren für ein Lastschaltgetriebe

⑯ Es wird eine Getriebesteuerung sowie ein Steuerverfahren für ein Lastschaltgetriebe (14) beschrieben. Das Lastschaltgetriebe (14) ist Teil des Antriebsstranges eines Arbeitsfahrzeugs, insbesondere eines Ackerschleppers. Der Antriebsstrang enthält wenigstens einen Antriebsmotor (10), ein durch eine Verstelleinrichtung (12) einstellbares Lastschaltgetriebe (14), eine Fahrkupplung (18), ein über einen Schalthebel (20) schaltbares Synchronschaltgetriebe (22) und angetriebene Fahrzeugräder (24). Um die Bedienungsperson zu entlasten, wird während eines Gangwechsels des Synchronschaltgetriebes (22) der Gang des Lastschaltgetriebes (14) automatisch angepaßt, und zwar in der Weise, daß der sich ergebende Unterschied in der Übersetzung des Gesamtgetriebes vor und nach dem Schaltvorgang möglichst gering gehalten wird. Hierfür wird ein Gang des Lastschaltgetriebes (14) ausgewählt und automatisch eingestellt, bei dem die Drehzahlen beidseits der Fahrkupplung (18) möglichst wenig differieren.



DE 197 47 262 A 1

DE 197 47 262 A 1

## Beschreibung

Die Erfinbung betrifft eine Getriebesteuierung sowie ein Steuerverfahren für ein Lastschaltgetriebe. Das Lastschaltgetriebe ist Teil des Antriebsstranges eines Arbeitsfahrzeugs, insbesondere eines Ackerschleppers. Der Antriebsstrang enthält wenigstens einen Antriebsmotor, das durch eine Verstelleinrichtung einstellbare Lastschaltgetriebe, eine Fahrkupplung, ein über einen Schalthebel schaltbares Synchronschaltgetriebe und angetriebene Fahrzeugräder.

Es sind Ackerschlepper im Handel (beispielsweise John Deere Traktoren der 6000-er Serien), deren Antriebsstrang insbesondere einen Verbrennungsmotor, ein Gangschaltgetriebe, eine Reversiereinheit, eine Fahrkupplung, ein Kriechganggetriebe (optional), ein Gruppenschaltgetriebe, ein Hinterachs differential und die angetriebenen Hinterräder aufweist. Das Gangschaltgetriebe ist als Lastschaltgetriebe, auch Teillastschaltgetriebe genannt, ausgebildet, welches Planetensätze mit Kupplungen und Bremsen enthält, die eine Umschaltung der Gänge unter Last ermöglichen. Zur Einstellung der Gänge werden durch einen Gangschalthebel Steuersignale an eine Steuereinheit zur Einstellung einer Verstellereinrichtung abgegeben, welche auf das Lastschaltgetriebe einwirkt und die Umschaltprozesse steuert. Bei dem Gruppenschaltgetriebe handelt es sich um ein vollsynchronisiertes Schaltgetriebe, dessen Gruppen durch einen Gruppenschalthebel einstellbar sind. Für die Umschaltung der Reversiereinheit zwischen Vorwärts und Rückwärts dient ein Fahrtrichtungshebel. Dieser bekannte Antriebsstrang weist eine feine, praxisgerechte Gangabstufung auf und bietet die Möglichkeit innerhalb einer gewählten Gruppe eine Umschaltung der Gänge unter Last vorzunehmen. Um die feine Gangabstufung nutzen zu können, muß die Bedienungsperson bei einer Umschaltung des Gruppengetriebes für viele Gangkombinationen auch den Gang des Lastschaltgetriebes anpassen, so daß zwei Schalthebel zu betätigen sind.

Die der Erfinbung zugrunde liegende Aufgabe wird darin gesehen, eine Getriebesteuierung sowie ein Verfahren zur Getriebesteuierung für das Lastschaltgetriebe eines Antriebsstrangs der eingangs genannten Art anzugeben, die bzw. das eine weitere Steigerung des Schaltkomforts mit sich bringt.

Die Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die Lehre der Patentansprüche 1 und 11 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfinbung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die erfundungsgemäße Getriebesteuierung bzw. das erfundungsgemäße Steuerungsverfahren ist für ein Lastschaltgetriebe vorgesehen, das im Antriebsstrang eines Arbeitsfahrzeugs, insbesondere eines Ackerschleppers, enthalten ist. Der Antriebsstrang enthält wenigstens folgende Komponenten: einen Antriebsmotor, ein durch eine Verstelleinrichtung einstellbares Lastschaltgetriebe, eine Fahrkupplung, ein über einen Schalthebel schaltbares Synchronschaltgetriebe und angetriebene Fahrzeugräder. Durch das Lastschaltgetriebe lassen sich die Gänge unter Last schalten. Das Synchronschaltgetriebe ist vorzugsweise als Gruppenschaltgetriebe ausgebildet. Es versteht sich, daß in dem Antriebsstrang auch weitere Komponenten enthalten sein können, wie beispielsweise eine Fahrtrichtungsumkehrseinheit – auch Reversiereinheit genannt –, ein Kriechganggetriebe, ein Vierradgetriebe, ein Differentialgetriebe und Endantriebsuntersetzungsgetriebe. Bezuglich der Erfinbung muß die Reihenfolge der Komponenten des Antriebsstrangs nicht mit der oben angegebenen übereinstimmen. Beispielsweise kann die Fahrkupplung auch unmittelbar hinter dem Antriebsmotor liegen.

Die Getriebesteuierung enthält einen Kupplungssensor, der feststellt, ob die Fahrkupplung geöffnet oder geschlossen ist, wenigstens zwei Drehzahlsensoren zur Erfassung von Drehzahlen beidseits der Fahrkupplung und eine elektronische Steuereinheit.

Wesentlicher Gesichtspunkt der vorliegenden Erfinbung ist es, daß während eines Gangwechsels des Synchronschaltgetriebes der Gang des Lastschaltgetriebes automatisch angepaßt wird. Hierbei wird ein Gang des Lastschaltgetriebes ausgewählt und automatisch eingestellt, bei dem die Drehzahlen beidseits der Fahrkupplung möglichst wenig differieren. Der Fahrer wird durch diese Maßnahme entlastet, da er bei einer Getriebeumschaltung, die einen Gangwechsel des Synchronschaltgetriebes erfordert, nur die Fahrkupplung ausrücken und den Schalthebel des Synchronschaltgetriebes bedienen muß. Eine geeignete Anpassung des Lastschaltgetriebes erfolgt dann automatisch.

Erfundungsgemäß enthält die Steuereinheit der Getriebesteuierung Mittel zur Auswertung der Signale des Kupplungssensors und zur Feststellung des Schaltzustandes der Fahrkupplung, Mittel zur Auswertung der Signale der Drehzahlsensoren und zur Bestimmung von aktuellen, gemessenen Drehzahlunterschieden zwischen der Eingangswelle und der Ausgangswelle der Fahrkupplung für den momentan eingestellten Gang und für andere einstellbare Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes, Mittel zur Auswahl des Ganges des Lastschaltgetriebes, für den sich möglichst geringe Drehzahlunterschiede ergeben, und Mittel zur Abgabe von Steuersignalen an die Verstelleinrichtung des Lastschaltgetriebes zur automatischen Einstellung des ausgewählten Ganges, sofern die Fahrkupplung offen ist.

Dementsprechend weist das erfundungsgemäße Verfahren folgende Schritte auf: Feststellung des Schaltzustandes der Fahrkupplung mittels eines Kupplungssensors, Auswertung der Signale der Drehzahlsensoren, um aktuelle Drehzahlunterschiede zwischen der Eingangswelle und der Ausgangswelle der Fahrkupplung für die einstellbaren Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes zu ermitteln, Auswahl des Ganges des Lastschaltgetriebes, für den sich möglichst geringe Drehzahlunterschiede ergeben, und Ansteuerung der Verstelleinrichtung des Lastschaltgetriebes zur Beibehaltung bzw. zur automatischen Einstellung des ausgewählten Ganges, sofern die Fahrkupplung offen ist. Es ist nicht notwendig, daß die Verfahrschritte in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Es ist beispielsweise vorteilhaft, daß zunächst der Zustand der Fahrkupplung überprüft wird und die weiteren Verfahrensschritte nur dann ausgeführt werden, wenn die Fahrkupplung offen ist. Das erfundungsgemäße Verfahren kann durch einen Anpassungs-Algorithmus in einer elektronischen Steuereinheit ausgeführt werden. Dieser Anpassungs-Algorithmus wird insbesondere dann aktiv, wenn die Fahrkupplung geöffnet wird, um einen neuen Gang bzw. eine Gruppe des Synchronschaltgetriebes einzustellen.

Durch Anwendung des erfundungsgemäßen Anpassungs-Algorithmus läßt sich bei einem Gangwechsel des Synchronschaltgetriebes die resultierende Änderung des Gesamtübersetzungsverhältnisses beider Getriebe gering halten. Dadurch wird ein schnelles, weiches Wiedereinkuppeln begünstigt. Darauf hinaus wird der Fahrer beim Gangwechsel entlastet, denn selbst bei relativ großen Übersetzungsabstufungen, wie sie bei einem als Gruppenschaltgetriebe ausgelegten Synchronschaltgetriebe gegeben sind, braucht er nur den Schalthebel des Synchronschaltgetriebes zu bedienen und keine manuelle Nachstellung des Lastschaltgetriebes, auch Teillastschaltgetriebe genannt, vorzunehmen. Beim Zurückschalten des Synchronschaltgetriebes wird gegebenenfalls automatisch ein höherer Gang des Lastschaltgetriebes gewählt und

umgekehrt. Kommt das Fahrzeug während des Betriebs zum Stillstand, so wird vorzugsweise automatisch der niedrigste Gang des Lastschaltgetriebes eingelegt.

Sofern die Drehzahlsensoren nicht unmittelbar an der Eingangswelle oder der Ausgangswelle der Fahrkupplung angebracht sind, kann in der Steuereinheit eine Umrechnung der gemessenen Drehzahlwerte erfolgen, bei der die Übersetzungsverhältnisse von Getriebekomponenten berücksichtigt werden, die zwischen dem jeweiligen Drehzahlsensor und der Fahrkupplung angeordnet sind. Es ist daher möglich, für die Erfassung der Drehzahlen Drehzahlsensoren zu verwenden, die auch für andere Zwecke, beispielsweise für die Motordrehzahlanzeige, verwendet werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist ein erster Drehzahlsensor zur Erfassung der Drehzahlen zwischen Antriebsmotor und Lastschaltgetriebe, welches der Fahrkupplung vorgeschaltet ist, und ein zweiter Drehzahlsensor zur Erfassung der Drehzahlen zwischen der Fahrkupplung und dem diesem nachgeordneten Synchronschaltgetriebe vorgesehen. Für diese Anordnung enthält die Steuereinheit vorzugsweise Mittel, die unter Berücksichtigung der Signale des ersten Drehzahlsensors und jedem einstellbaren Übersetzungsverhältnis des Lastschaltgetriebes korrespondierende Eingangsdrehzahlen für die Fahrkupplung berechnen und diese mit der gemessenen Drehzahl an der Kupplungsausgangswelle vergleichen, um für jedes Übersetzungsverhältnis zugehörige Drehzahlunterschiede, insbesondere in Form von Drehzahldifferenzen oder Drehzahlverhältnisse, zu ermitteln.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß bei aktiviertem Anpassungs-Algorithmus die Signale der Drehzahlsensoren laufend ausgewertet werden, um theoretische Übersetzungsverhältnisse für das Lastschaltgetriebe zu berechnen, für die sich gleiche Drehzahlen zu beiden Seiten der Fahrkupplung ergeben würden. Für das Lastschaltgetriebe wird dann ein Gang ausgewählt, dessen tatsächliches Übersetzungsverhältnis dem errechneten theoretischen Übersetzungsverhältnis möglichst nahe kommt.

Das theoretische Übersetzungsverhältnis verändert sich bei geöffneter Fahrkupplung u. a. mit der Motordrehzahl und der Fahrgeschwindigkeit. Entsprechend paßt sich auch der gewählte Gang an diese Fahrbedingungen an. Bei der automatischen Auswahl des Ganges des Lastschaltgetriebes ermöglicht der Anpassungs-Algorithmus daher während des Auskuppelns eine Berücksichtigung aktueller Randbedingungen, wie z. B. eine Fahrbahnsteigung oder ein Fahrbahngefälle sowie die Belastung des Fahrzeugs.

Vorzugsweise erfolgt das Umschalten in einen neuen Gang des Lastschaltgetriebes unter Einbeziehung einer Hysterese, so daß sich ein stabiles Schaltverhalten ergibt. Beispielsweise liegen die Grenzwerte zur automatischen Umschaltung in einen höheren als den bisherigen Gang bei niedrigeren gemessenen Übersetzungsverhältnissen als die Grenzwerte zur automatischen Umschaltung in einen tieferen als den bisherigen Gang. Mit anderen Worten: Für ein Hochschalten des Lastschaltgetriebes in einen höheren Gang liegt der Umschaltpunkt bei einer höheren Drehzahl der Ausgangswelle der Fahrkupplung als unter sonst gleichen Bedingungen beim Runterschalten des Lastschaltgetriebes.

Es ist zweckmäßig, eine automatische Umschaltung des Lastschaltgetriebes nur dann vorzunehmen, wenn während des Auskuppelns der Gang des Synchronschaltgetriebes verändert wurde. Daher schlägt eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung eine Gangerkennungseinrichtung für das Synchrongetriebe vor, deren Signale ausgewertet werden, um nur dann Steuersignale zur automatischen Umschaltung des Lastschaltgetriebes abzugeben, wenn nach dem Auskuppeln ein Gangwechsel des Synchronschaltgetriebes festgestellt wurde.

Für die Gangerkennung des Synchronschaltgetriebes werden vorzugsweise die Drehzahlen beidseits des Synchronschaltgetriebes erfaßt und ins Verhältnis zueinander gesetzt. Dieses Verhältnis wird mit gespeicherten Werten verglichen, die den einstellbaren Übersetzungsverhältnissen des Lastschaltgetriebes entsprechen, um den eingestellten Gang des Synchronschaltgetriebes zu bestimmen. Hierfür können beispielsweise mit dem bereits genannten zweiten Drehzahlsensor die Drehzahl der Eingangswelle des Synchronschaltgetriebes und mit einem dritten Drehzahlsensor eine der Fahrgeschwindigkeit entsprechende Drehzahl erfaßt und ins Verhältnis zueinander gesetzt werden. Ändert sich das Verhältnis um einen bestimmten Betrag, so wird dies als Gangwechsel erkannt.

Die erfundungsgemäße Getriebesteuerung bzw. das erfundungsgemäße Verfahren sind auch bei Antriebssträngen anwendbar, die eine durch ein Bedienelement, beispielsweise einen Reversierhebel, ansteuerbare Reversiereinheit enthalten. Sofern hierbei die Gangabstufungen für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt gleich sind, kann die Steuerung der Ganganpassung richtungsunabhängig erfolgen. Sind die Gangabstufungen jedoch unterschiedlich, so daß beispielsweise für die Rückwärtsgänge höhere Übersetzungsverhältnisse vorliegen als für die Vorwärtsgänge, benötigt die Steuerung Informationen über die Fahrtrichtung, um eine optimale Ganganpassung vorzunehmen. Es ist daher von Vorteil, Mittel zur Fahrtrichtungserkennung vorzusehen und das Fahrtrichtungssignal bei der Auswertung der Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes und/oder des Synchronschaltgetriebes einzubeziehen. Dabei werden für beide Fahrtrichtungen unterschiedliche Vorgaben im Anpassungs-Algorithmus verwendet. Bei Verwendung von Drehzahlsensoren, aus deren Signale sich die Drehrichtung ableiten läßt, können anstelle eines gesonderten Fahrtrichtungssensorbauteils die Signale der Drehzahlsensoren zur Auswertung herangezogen werden.

Die Reversiereinheit und/oder die Fahrkupplung können in das Lastschaltgetriebegehäuse integriert sein.

Damit sich die Bedienungsperson zu jeder Zeit über den aktuell eingestellten Gang des Lastschaltgetriebes informieren kann, wird gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, eine durch die Steuereinheit gesteuerte Ganganzeige zu verwenden.

Es ist wünschenswert, daß die Bedienungsperson den Gang des Synchronschaltgetriebes unabhängig von der genannten automatischen Einstellung selbst bestimmen und einstellen kann. Hierfür ist wenigstens eine manuell betätigbare Bedienungseinrichtung vorgesehen, durch die Signale an die Verstelleinrichtung abgegeben werden können, um eine Umschaltung des Lastschaltgetriebes vorzunehmen. Es ist von Vorteil, wenn bei Betätigung der Bedienungseinrichtung eine automatische Einstellung des Lastschaltgetriebes überfahren oder unterdrückt wird. Das Überfahren und die Unterdrückung können so lange anhalten, bis die Fahrkupplung geschlossen und zu einem späteren Zeitpunkt wieder geöffnet wird.

Eine einfache manuelle Steuerung des Synchronschaltgetriebes erfolgt vorzugsweise über zwei Tastschalter, von denen einer dem schrittweisen Hochschalten und der andere dem schrittweisen Runterschalten des Lastschaltgetriebes dient. Vorzugsweise sind die beiden Tastschalter auf dem Griff des Schaltthebels für das Synchronschaltgetriebe angeordnet.

# DE 197 47 262 A 1

Anhand der Zeichnung, die ein Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt, werden nachfolgend die Erfindung sowie weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung näher beschrieben und erläutert. Es zeigt:

5 **Fig. 1** das Blockschaltbild eines Antriebsstrangs für einen Ackerschlepper,  
**Fig. 2** ein Flußdiagramm für einen erfindungsgemäßen Anpassungs-Algorithmus,  
**Fig. 3** ein Diagramm, anhand dessen das Hysterese-Verhalten der Auswahl des einzustellenden Ganges erläutert wird, und

Fig. 4 eine Schaltungsanordnung für die Steuereinheit.

Aus der **Fig. 1** geht der schematisch dargestellte Antriebsstrang eines nicht näher gezeigten Ackerschleppers hervor, der einen Antriebsmotor 10, ein durch eine Verstelleinrichtung 12 einstellbares Lastschaltgetriebe 14, eine Reversiereinheit 16, eine Fahrkupplung 18, ein über einen Schalthebel 20 schaltbares Synchronschaltgetriebe 22 und angetriebene Fahrzeugräder 24, von denen nur eins dargestellt ist, enthält. Bei dem Lastschaltgetriebe 14 handelt es sich um ein Teillastschaltgetriebe zur Schaltung der Gänge unter Last. Zur Schaltung der Gänge gibt eine Steuereinheit 42 entsprechende elektrische Signale an die Verstelleinrichtung 12 ab, die das Lastschaltgetriebe 14 mit elektrischen oder hydraulischen Signalen ansteuert. Das Synchronschaltgetriebe 22 ist als Gruppenschaltgetriebe ausgebildet. Die Reversiereinheit 16 dient der Umschaltung zwischen Vorwärtsfahrt und Rückwärtsfahrt und lässt sich durch einen Reversierhebel 26 umschalten. Auf dem Griff des Schalthebels 20 sind zwei Tastschalter 28, 30 in ergonomisch günstiger Lage angeordnet, durch die sich das Lastschaltgetriebe 14 manuell schrittweise hochschalten und runterschalten lässt.

Es ist ferner eine Getriebesteuerung angedeutet, die einen Fahrtrichtungssensor 32, einen Kupplungssensor 34, einen ersten Drehzahlsensor 36 zur Erfassung der Drehzahl des Antriebsmotors 10, einen zweiten Drehzahlsensor 38 zur Erfassung der Drehzahl auf der Ausgangsseite der Fahrkupplung 18, einen dritten Drehzahlsensor 40 zur Erfassung der Fahrgeschwindigkeitsdrehzahl und eine elektronischen Steuereinheit 42 enthält. Ferner ist eine Ganganzeige 44 dargestellt, durch die der jeweils eingestellte Gang des Lastschaltgetriebes 14 angezeigt wird. Die Steuereinheit 42 empfängt Signale des Fahrtrichtungssensors 32, des Kupplungssensors 34, der drei Drehzahlsensoren 36, 38, 40 und der beiden Tastschalter 28, 30. Sie gibt Steuersignale an die Verstelleinrichtung 12 und die Ganganzeige 44 ab.

In **Fig. 2** ist ein Flußdiagramm dargestellt, anhand dessen die Arbeitsweise der Steuereinheit 42 und das erfindungsgemäße Verfahren im folgenden erläutert werden:  
 Signalisiert der Kupplungssensor 34, daß die Fahrkupplung 18 geöffnet ist, wird in Schritt 100 ein Anpassungs-Algorithmus in Gang gesetzt, durch den gegebenenfalls automatisch ein anderer Gang des Lastschaltgetriebes 14 eingestellt wird. Schritt 102 prüft, ob die Fahrkupplung 18 noch geöffnet ist. Bei geschlossener Fahrkupplung 18 wird der Anpassungs-Algorithmus in Schritt 104 beendet. Bei geöffneter Fahrkupplung 18 erfasst die Steuereinheit 42 in Schritt 106 die Signale der Drehzahlsensoren 36, 38 und gegebenenfalls 40. In Schritt 108 werden dann für jede einstellbare Gangkombination des Lastschaltgetriebes 14 hinsichtlich der ausgewählten Fahrtrichtung laufend die Drehzahlen berechnet, die sich an der Eingangswelle der Fahrkupplung 18 für die von dem ersten Drehzahlsensor 36 gemessenen Motordrehzahlen ergeben würden.

Hierzu stellt die Steuereinheit 42 zunächst anhand der Signale des Fahrtrichtungssensors 32 die Einstellung der Reversiereinheit 16 fest und greift auf das zugehörige, in der Steuereinheit 42 gespeicherte Übersetzungsverhältnis der Reversiereinheit 16 zurück. Dieses Übersetzungsverhältnis wird dann mit den abgespeicherten Übersetzungsverhältnissen jedes einstellbaren Ganges des Lastschaltgetriebes 14 multipliziert, so daß sich für jeden Gang ein Faktor ergibt. Mit diesen Faktoren wird der aktuelle, von dem ersten Drehzahlsensor 36 gemessene Motordrehzahlwert laufend multipliziert, so daß sich für jeden Gang ein zugehöriger theoretischer Drehzahlwert für die Eingangswelle der Fahrkupplung 18 ergibt, der von der Motordrehzahl abhängt.

Für ein Lastschaltgetriebe 14 mit 4 Gängen und eine Reversiereinheit 16 mit unterschiedlichen Übersetzungsverhältnissen für Vorwärtsfahrt und für Rückwärtsfahrt, lassen sich jeweils 4 Faktoren (Produkt aus den Übersetzungsverhältnissen von Lastschaltgetriebe 14 und Reversiereinheit 16) berechnen. In der Tabelle 1 sind geeignete Übersetzungsverhältnisse beispielhaft angegeben, um die Rechenvorgänge klarer darstellen zu können.

Tabelle 1

50	Getriebe	Gang	Übersetzungsverhältnis
55	Lastschaltgetriebe	1	1,767
	"	2	1,466
	"	3	1,225
60	"	4	1,000
65			
	Reversiereinheit	vorwärts	1,000
		rückwärts	-0,843

Aus diesen Werten errechnen sich für die vier Vorwärtsgänge die Faktoren 1,767, 1,466, 1,225 und 1,000 und für die

vier Rückwärtsgänge die Faktoren  $-1,490$ ,  $-1,236$ ,  $-1,033$  und  $-0,843$ . Mit den Faktoren für Vorwärtsfahrt oder mit den Faktoren für Rückwärtsfahrt werden die Meßwerte des ersten Drehzahlsensors **36** multipliziert, so daß vier Drehzahlen für die ausgewählte Fahrtrichtung zur Verfügung stehen. Dies sind die den einzelnen Gängen zugeordneten theoretischen Drehzahlen an der Eingangswelle der Fahrkupplung **18**. Für den jeweils eingelegten Gang des Lastschaltgetriebes **14** ist die theoretische Drehzahl gleich der tatsächlichen Eingangsdrehzahl der Fahrkupplung **18**.

Es ergeben sich somit für das oben angegebene Beispiel vier theoretische Drehzahlen für die Vorwärtsgänge und vier theoretische Drehzahlen für die Rückwärtsgänge. Die theoretischen Drehzahlen werden in Schritt **110** mit der Ausgangsdrehzahl der Fahrkupplung **18**, die von dem zweiten Drehzahlsensor **38** erfaßt wird, verglichen. Schritt **110** wählt aus den theoretischen Drehzahlen diejenige aus, die der an der Kupplungsausgangsseite gemessenen Drehzahl am nächsten kommt. Die ausgewählte Drehzahl definiert einen ausgewählten Gang des Lastschaltgetriebes **14**.

Eine andere Möglichkeit der Auswertung in Schritt **110** besteht darin, daß aus den Drehzahlmeßwerten des ersten Drehzahlsensors **36** und des zweiten Drehzahlsensors **38** ein Quotient gebildet wird. Dieser Quotient wird mit den in der Steuereinheit **42** gespeicherten Werten der Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes **14** (gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Reversiereinheit **16**) verglichen. Der Algorithmus wählt den Gang des Lastschaltgetriebes **14** aus, dessen Übersetzungsverhältnis am geringsten von dem Quotienten abweicht.

Um Unbestimmtheiten beim automatischen Umschalten zwischen den Gängen des Lastschaltgetriebes **14** zu vermeiden, ist es von Vorteil, bei der Gangauswahl einen Hysteresis-Algorithmus zu verwenden, der im folgenden anhand Fig. 3 erläutert wird.

In Fig. 3 ist der durch Schritt **110** auszuwählende Gang über dem gemessenen (theoretischen) Übersetzungsverhältnis dargestellt. Das gemessene Übersetzungsverhältnis ist der Quotient aus den Drehzahlmeßwerten des ersten Drehzahlsensors **36** (vor dem Lastschaltgetriebe) und des zweiten Drehzahlsensors **38** (hinter der Fahrkupplung). Auf der Abszisse sind die festen Übersetzungsverhältnisse von vier Gängen des Lastschaltgetriebes **14** eingetragen.

Der Fig. 3 ist zu entnehmen, welcher Gang für ein gemessene Übersetzungsverhältnis auszuwählen ist. Liegt das gemessene Übersetzungsverhältnis in der Nähe eines festen Übersetzungsverhältnisses des Lastschaltgetriebes **14** (z. B. in der Nähe des Ganges 2, d. h. im Bereich A), dann ergibt sich eindeutig der auszuwählende Gang (für den Bereich A ist es der Gang 2). Liegt das gemessene Übersetzungsverhältnis jedoch im Bereich zwischen zwei festen Übersetzungsverhältnissen des Lastschaltgetriebes **14** (z. B. zwischen den Gängen 2 und 3, d. h. im Bereich B), dann hängt die Auswahl des Ganges von der bisherigen Einstellung des Lastschaltgetriebes **14** ab.

Zur Umschaltung in einen höheren als den bisherigen Gang liegen die Schwellwerte bei kleineren gemessenen Übersetzungsverhältnissen als zur Umschaltung in einen kleineren als den bisherigen Gang. Dies wird in Fig. 3 durch Pfeile angedeutet. Befindet sich beispielsweise das Lastschaltgetriebe **14** zunächst im 2. Gang, dann muß das gemessene Übersetzungsverhältnis unter den Wert a abfallen, um die Auswahl des 3. Ganges auszulösen. Befindet sich hingegen das Lastschaltgetriebe **14** zunächst im 3. Gang, so muß das gemessene Übersetzungsverhältnis über den Wert b ansteigen, um die Auswahl des 2. Ganges auszulösen. Dabei ist b größer als a.

In Schritt **112** des in Fig. 2 dargestellten Algorithmus wird anhand der früher an die Verstellvorrichtung **12** abgegebenen Signale geprüft, ob der in Schritt **110** ausgewählte Gang für das Lastschaltgetriebe **14** bereits eingelegt ist. Ist dies der Fall, fährt der Algorithmus mit Schritt **102** fort. Andernfalls gibt die Steuereinheit **42** Signale an die Verstellvorrichtung **12** ab, welche ihrerseits elektrische oder hydraulische Signale an das Lastschaltgetriebe **14** zur Einstellung des gewählten Ganges übermittelt. Anschließend fährt der Algorithmus mit Schritt **102** fort. Damit die Bedienungsperson jederzeit Überprüfen kann, welcher Gang gerade eingelegt ist, wird der eingestellte Gang des Lastschaltgetriebes **14** durch die Ganganzeige **44** angezeigt.

Es ist zweckmäßig vorzusehen, daß die Bedienungsperson den Gang des Lastschaltgetriebes **14** selbst frei auswählen kann. Hierzu sind auf dem Griff des Schaltthebels **20** zwei Tastschalter **28**, **30** angeordnet. Durch ein- oder mehrfaches Drücken des einen Tastschalters **28** läßt sich das Lastschaltgetriebe **14** schrittweise hochschalten, durch Drücken des anderen Tastschalters **30** läßt es sich schrittweise runterschalten. Wird einer der beiden Tastschalter **28**, **30** gedrückt, so wird für ein vorgebares Zeitintervall oder bis zu einem erneuten Öffnen der Fahrkupplung **18** der Anpassungs-Algorithmus unterbrochen. Die Einstellung der Gänge des Lastschaltgetriebes **14** erfolgt nun ausschließlich aufgrund der durch die Tastschalter **28**, **30** vorgegebenen Schaltsignale.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird der Anpassungs-Algorithmus nur dann ausgeführt, wenn seit dem Öffnen der Fahrkupplung **18** ein Gangwechsel des Synchronschaltgetriebes **22** erfolgt ist. Zu diesem Zweck kann in den in Fig. 2 dargestellten Algorithmus zwischen die Schritte **102** und **106** ein weiterer, gestrichelt dargestellter Schritt **103** eingefügt werden. Schritt **103** wertet die Meßsignale des zweiten Drehzahlsensors **38** und des dritten Drehzahlsensors **40** aus, um den eingestellten Gang des Synchrongetriebes **22** zu ermitteln. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß der Quotient der beiden Drehzahlmeßwerte gebildet und mit in der Steuereinheit **42** gespeicherten Werten der Übersetzungsverhältnisse des Synchronschaltgetriebes **22** verglichen wird. Wurde seit dem mit Schritt **100** ausgelösten Start des Algorithmus kein Gang- bzw. Gruppenwechsel des Synchronschaltgetriebes **22** durchgeführt, so erfolgt eine Rückführung zu Schritt **102**. Wird ein Gangwechsel festgestellt, fährt der Algorithmus mit Schritt **106** fort.

Alternativ zu einem programmierbaren und durch die Steuereinheit **42** ausgeführten Steuer-Algorithmus kann die Steuereinheit **42** auch Schaltungselemente enthalten, die die Steuersignale für die Verstelleinrichtung **12** bereitstellen. Fig. 4 zeigt schematisch eine entsprechende Schaltungsanordnung. Demnach werden die Meßsignale des ersten Drehzahlsensors **36** und des zweiten Drehzahlsensors **38** in zugehörigen Auswerteeinrichtungen **50**, **52** erfaßt und für die Weiterverarbeitung aufbereitet, z. B. digitalisiert. Die Ausgangssignale der Auswerteeinrichtung **50** werden in einem Produktbildner **54** mit den einstellbaren Übersetzungsverhältnissen des Lastschaltgetriebes **14**, die einem Speicher **56** entnommen werden, multipliziert, um theoretische Drehzahlen an der Eingangswelle der Fahrkupplung **18** für jedes Übersetzungsverhältnis zu berechnen. Dabei wird für jedes Übersetzungsverhältnis ein zugehöriger theoretischer Drehzahlwert ausgegeben. Die theoretischen Drehzahlwerte (entsprechend den 4 dargestellten Pfeilen) werden in einer Vergleichseinrichtung **58** mit den Ausgangssignalen der Auswerteeinrichtung **52**, die den aktuellen Drehzahlen an der Ausgangswelle der Fahrkupplung **18** entsprechen, verglichen. Die Vergleichseinrichtung **58** gibt für jedes Übersetzungsver-

5 hältnis ein Drehzahldifferenzsignal an eine Auswahleinrichtung 60 ab. Die Auswahleinrichtung 60 ermittelt den Gang des Lastschaltgetriebes 14, für den sich das kleinste Drehzahldifferenzsignal ergibt. Sie gibt entsprechende Umschaltsignale für das Lastschaltgetriebe 14 aus. Die Signale des Kupplungssensors 34 werden in einer Auswerteeinrichtung 62 aufbereitet, welche Signale an eine Umschalteinrichtung 64 abgibt, die dem Zustand der Fahrkupplung 18 (eingerückt/ausgerückt) entsprechen. Die Umschalteinrichtung 64 leitet die Signale der Auswahleinrichtung 60 nur dann an die Verstelleinrichtung 12 weiter, wenn die Fahrkupplung 18 ausgerückt ist.

Auch wenn die Erfindung lediglich anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, erschließen sich für den Fachmann im Lichte der vorstehenden Beschreibung sowie der Zeichnung viele verschiedenartige Alternativen, Modifikationen und Varianten, die unter die vorliegende Erfindung fallen.

10 15 Beispielsweise ist es möglich, den in Fig. 1 dargestellten Drehzahlsensor 36 an anderer Stelle anzutragen, so daß er nicht die Ausgangsdrehzahl des Antriebsmotors 10 erfaßt, sondern die Drehzahl zwischen dem Lastschaltgetriebe und der Reversiereinheit oder die Drehzahl zwischen der Reversiereinheit und der Fahrkupplung. In diesem Fall muß der anhand der Fig. 2 erläuterte Algorithmus zur Berechnung der theoretischen Drehzahl an der Eingangswelle der Fahrkupplung 18 entsprechend angepaßt werden.

## Patentansprüche

1. Getriebesteuerung für das Lastschaltgetriebe (14) des Antriebsstranges eines Arbeitsfahrzeugs, insbesondere eines Ackerschleppers, welcher Antriebsstrang wenigstens einen Antriebsmotor (10), ein durch eine Verstelleinrichtung (12) einstellbares Lastschaltgetriebe (14), eine Fahrkupplung (18), ein über einen Schalthebel (20) schaltbares Synchronschaltgetriebe (22) und angetriebene Fahrzeugeräder (24) enthält, wobei die Getriebesteuerung einen Kupplungssensor (34), wenigstens zwei Drehzahlsensoren (36, 38) zur Erfassung von Drehzahlen beidseits der Fahrkupplung (18) und eine elektronische Steuereinheit (42) enthält und die Steuereinheit (42)
  - Mittel zur Auswertung der Signale des Kupplungssensors (34) und zur Feststellung des Schaltzustandes der Fahrkupplung (18),
  - Mittel zur Auswertung der Signale der Drehzahlsensoren (36, 38) und zur Bestimmung von aktuellen Drehzahlunterschieden zwischen der Eingangswelle und der Ausgangswelle der Fahrkupplung (18) für die einstellbaren Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes (14),
  - Mittel zur Auswahl des Ganges des Lastschaltgetriebes (14), für den sich möglichst geringe Drehzahlunterschiede ergeben, und
  - Mittel zur Abgabe von Steuersignalen an die Verstelleinrichtung (12) des Lastschaltgetriebes (14) zur automatischen Einstellung des ausgewählten Ganges, sofern die Fahrkupplung (18) offen ist,
2. Getriebesteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Drehzahlsensor (36) zur Erfassung der Drehzahlen zwischen Antriebsmotor (10) und Lastschaltgetriebe (14), welches der Fahrkupplung (18) vorgeschalet ist, und ein zweiter Drehzahlsensor (38) zur Erfassung der Drehzahlen zwischen Fahrkupplung (18) und nachgeordnetem Synchronschaltgetriebe (22) vorgesehen sind und daß die Steuereinheit (42) Mittel enthält, die unter Berücksichtigung der Signale des ersten Drehzahlsensors (36) und der einstellbaren Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes (14) korrespondierende Eingangsdrehzahlen für die Fahrkupplung (18) berechnen und diese mit den vom zweiten Drehzahlsensor (38) erfaßten Drehzahlen vergleichen, um für jedes Übersetzungsverhältnis zugehörige Drehzahlunterschiede, insbesondere Drehzahldifferenzen oder Drehzahlverhältnisse, zu ermitteln.
3. Getriebesteuerung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (42) Mittel enthält, die laufend die Signale der Drehzahlsensoren (36, 38) auswerten und theoretische Übersetzungsverhältnisse für das Lastschaltgetriebe (14) berechnen, für die sich gleiche Drehzahlen zu beiden Seiten der Fahrkupplung (18) ergeben würden, und die für das Lastschaltgetriebe (14) einen Gang auswählen, dessen Übersetzungsverhältnis dem theoretischen Übersetzungsverhältnis möglichst nahe kommt.
4. Getriebesteuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gangerkennungseinrichtung für das Synchronschaltgetriebe (22) vorgesehen ist und die Steuereinheit (42) Mittel enthält, die nur dann eine Abgabe von Steuersignalen zur Umschaltung des Lastschaltgetriebes (14) ermöglichen, wenn nach dem Auskuppeln ein Gangwechsel des Synchronschaltgetriebes (22) festgestellt wurde.
5. Getriebesteuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Drehzahlsensor (38) und ein dritter Drehzahlsensor (40) beidseits des Synchronschaltgetriebes (22) angeordnet sind, und daß die Steuereinheit (42) Mittel enthält, die das Verhältnis der Signale des zweiten und des dritten Drehzahlsensors (40) auswerten und mit gespeicherten Werten der einstellbaren Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes (14) vergleicht, um den eingestellten Gang des Synchronschaltgetriebes (22) zu bestimmen.
6. Getriebesteuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß für einen Antriebsstrang, der eine über ein Bedienelement (26) ansteuerbare Reversiereinheit (16) enthält, die Getriebesteuerung Mittel (32) zur Fahrtrichtungserkennung aufweist, deren Signale bei der Auswertung der Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes (14) und/oder des Synchronschaltgetriebes (22) einbezogen werden.
7. Getriebesteuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ganganzeige (44) zur Anzeige des jeweils eingestellten Gangs des Lastschaltgetriebes (14) vorgesehen ist.
8. Getriebesteuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Bedienungseinrichtung (28, 30) zur manuellen Vorgabe von Umschaltsignalen an die Verstelleinrichtung (12) des Lastschaltgetriebes (14) vorgesehen ist, und daß die Steuereinheit (42) Mittel aufweist, die bei Betätigung der Bedienungseinrichtung (28, 30) eine automatische Einstellung des Lastschaltgetriebes (14) überfahren oder unterdrücken.
9. Getriebesteuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Bedienungseinrichtung zwei manuell betätigbare Tastschalter (28, 30) enthält, derart, daß bei Betätigung eines ersten Tastschalters (28) ein schrittweises Hochschalten und bei Betätigung eines zweiten Tastschalters (30) ein schrittweises Runterschalten des

Lastschaltgetriebes (14) erfolgt.

10. Getriebesteuerung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Tastschalter (28, 30) auf dem Griff des Schalthebels (20) für das Synchronschaltgetriebe (22) angeordnet sind.

11. Steuerverfahren für das Lastschaltgetriebes (14) des Antriebsstranges eines Arbeitsfahrzeugs, insbesondere eines Ackerschleppers, wobei der Antriebsstrang wenigstens einen Antriebsmotor (10), ein durch eine Verstelleinrichtung (12) einstellbares Lastschaltgetriebe (14), eine Fahrkupplung (18), ein über einen Schalthebel (20) schaltbares Synchronschaltgetriebe (22), angetriebene Fahrzeugräder (24) und eine Getriebesteuerung enthält, wobei die Getriebesteuerung einen Kupplungssensor (34), wenigstens zwei Drehzahlsensoren (36, 38) zur Erfassung von Drehzahlen beidseits der Fahrkupplung (18) und eine elektronische Steuereinheit (42) enthält, die folgende Verfahrensschritte ausführt:

- Feststellung des Schaltzustands der Fahrkupplung (18) anhand der Signale des Kupplungssensors (34),
- Auswertung der Signale der Drehzahlsensoren (36, 38), um aktuelle Drehzahlunterschiede zwischen der Eingangswelle und der Ausgangswelle der Fahrkupplung (18) für die einstellbaren Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes (14) zu ermitteln,
- Auswahl des Ganges des Lastschaltgetriebes (14), für den sich möglichst geringe Drehzahlunterschiede ergeben, und
- Ansteuerung der Verstelleinrichtung (12) des Lastschaltgetriebes (14) zur Beibehaltung bzw. zur automatischen Einstellung des ausgewählten Ganges, sofern ein offener Schaltzustand der Fahrkupplung (18) festgestellt wurde.

12. Steuerverfahren nach Anspruch 11, für eine Getriebesteuerung, die einen ersten Drehzahlsensor (36) zur Erfassung der Drehzahlen zwischen Antriebsmotor (10) und Lastschaltgetriebe (14), welches der Fahrkupplung (18) vorgeschaltet ist, und einen zweiten Drehzahlsensor (38) zur Erfassung der Drehzahlen zwischen Fahrkupplung (18) und nachgeordneten Synchronschaltgetriebe (22) enthält, dadurch gekennzeichnet, daß unter Berücksichtigung der Signale des ersten Drehzahlsensors (36) und der einstellbaren Übersetzungsverhältnisse des Lastschaltgetriebes (14) entsprechende Eingangsdrehzahlen für die Fahrkupplung (18) berechnen und diese mit den vom zweiten Drehzahlsensor (38) erfaßten Drehzahlen verglichen werden, um für jedes Übersetzungsverhältnis zugehörige Drehzahlunterschiede, insbesondere Drehzahlunterschiede oder Drehzahlverhältnisse, zu ermitteln.

13. Steuerverfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß laufend die Signale der Drehzahlsensoren (36, 38) ausgewertet und theoretische Übersetzungsverhältnisse für das Lastschaltgetriebe (14) berechnet werden, für die sich gleiche Drehzahlen zu beiden Seiten der Fahrkupplung (18) ergeben würden, und daß für das Lastschaltgetriebe (14) ein Gang ausgewählt wird, dessen Übersetzungsverhältnis dem theoretischen Übersetzungsverhältnis möglichst nahe kommt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Umschaltung des Lastschaltgetriebes (14) unter Einbeziehung einer Hysterese erfolgt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe einer Gangerkennungseinrichtung der eingestellte Gang des Synchronschaltgetriebes (22) festgestellt wird und daß eine Umschaltung des Lastschaltgetriebes (14) nur dann erfolgt, wenn nach dem Auskuppeln ein Gangwechsel des Synchronschaltgetriebes (22) festgestellt wurde.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahlen beiderseits des Synchronschaltgetriebes (22) erfaßt und ins Verhältnis zueinander gesetzt werden und daß dieses Verhältnis mit gespeicherten Werten der einstellbaren Übersetzungsverhältnisse des Synchrongetriebes verglichen werden, um einen Gangwechsel festzustellen.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß im Bedarfsfall manuell über eine Bedienungseinrichtung (28, 30) Umschaltsignale an die Verstelleinrichtung (12) des Lastschaltgetriebes (14) abgegeben werden und daß die Steuereinheit (42) bei einer Betätigung der Bedienungseinrichtung (28, 30) eine automatische Einstellung des Lastschaltgetriebes (14) überfährt oder unterdrückt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung von Schaltimpulsen für das manuelle Hochschalten bzw. Runterschalten des Lastschaltgetriebes (14) ein erster oder ein zweiter Tastschalter (28, 30) gedrückt wird und daß bei jedem Schaltimpuls des Tasters (28, 30) das Lastschaltgetriebe (14) um einen Gang hochgeschaltet bzw. runtergeschaltet wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

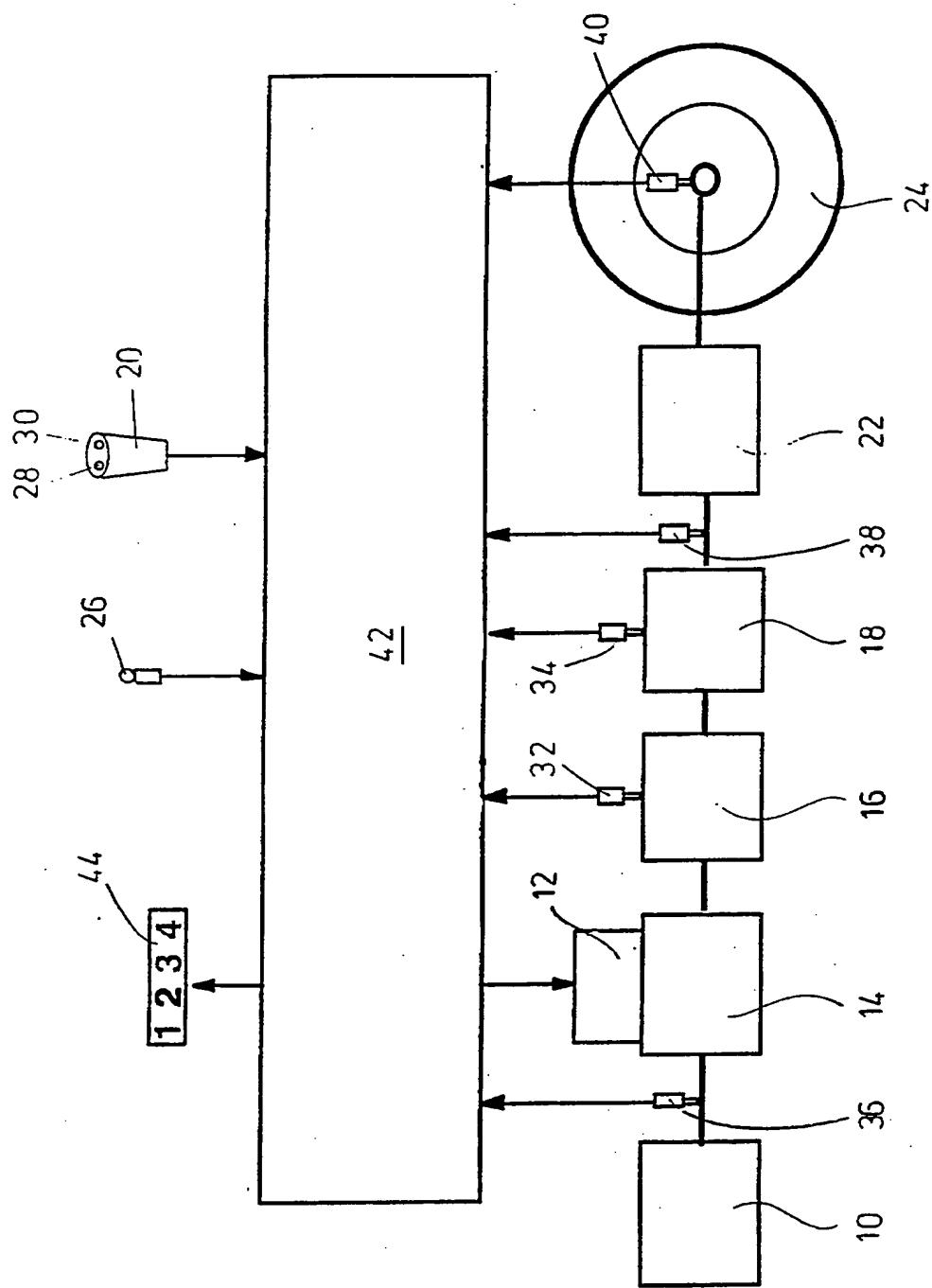


FIG. 1

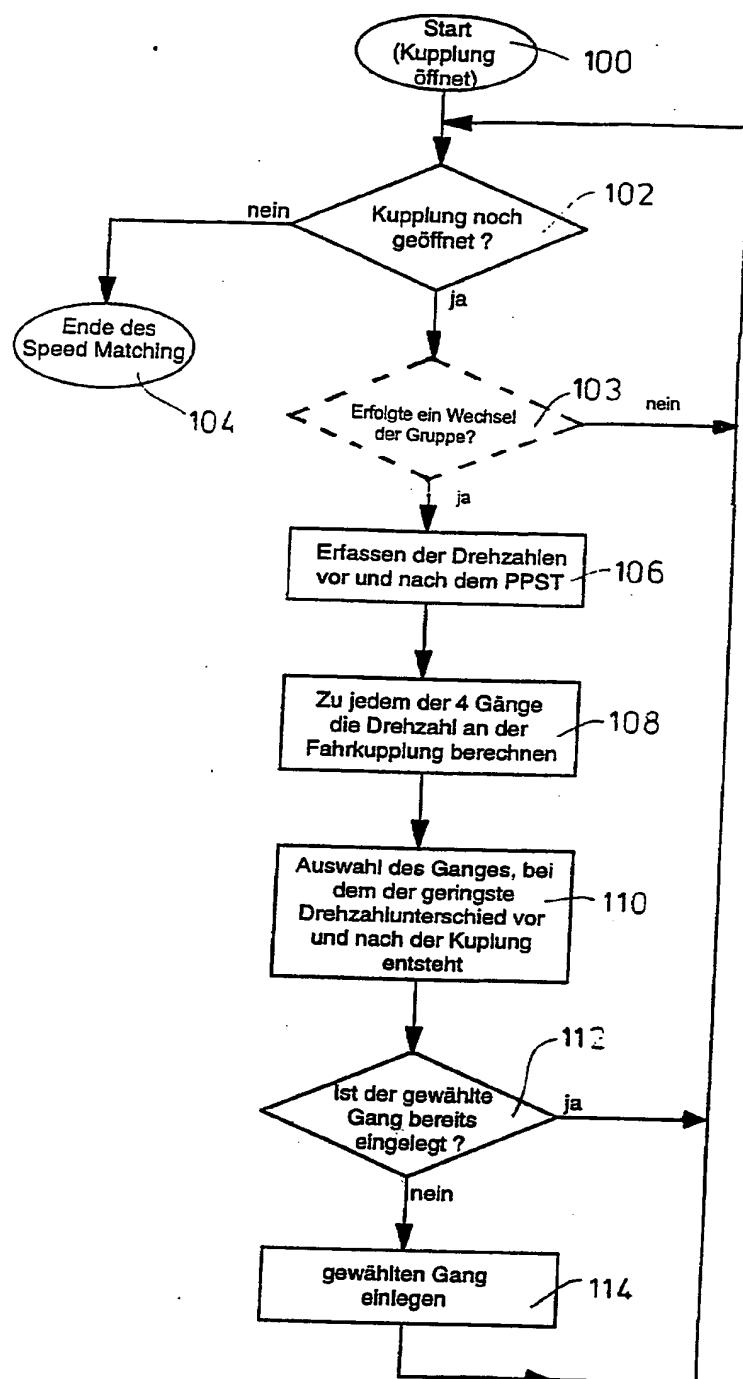


FIG. 2

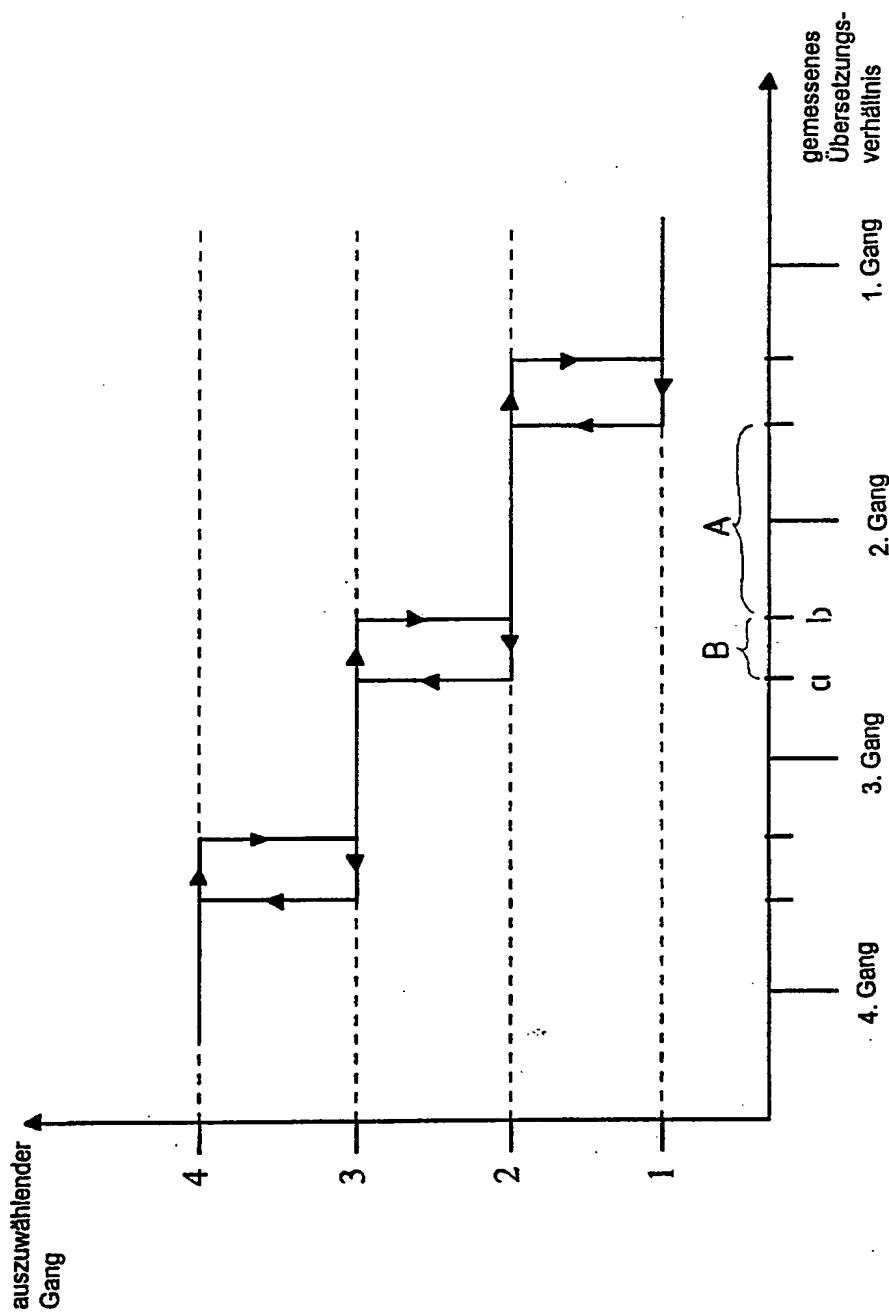


FIG. 3

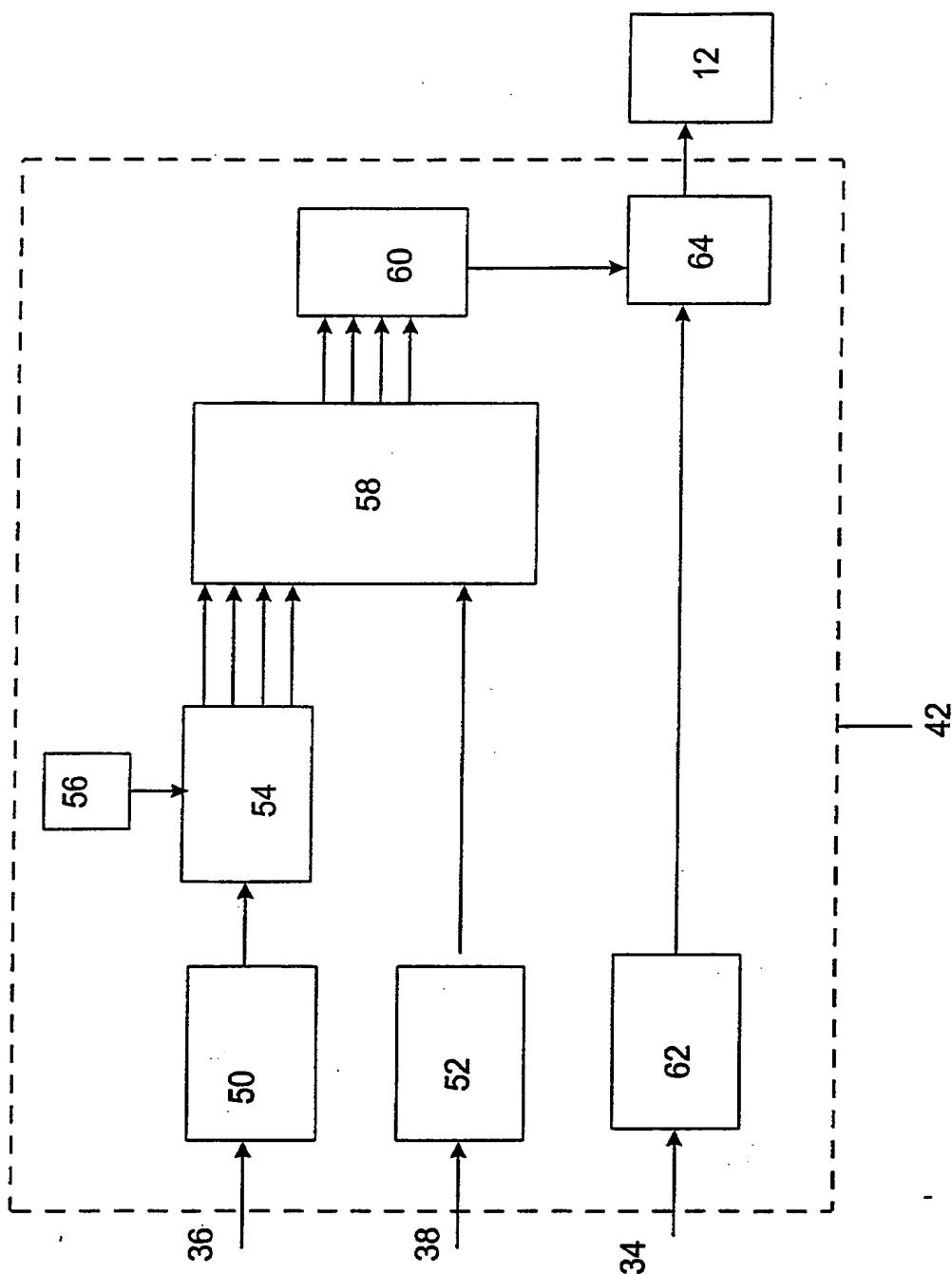


FIG. 4